

بررسی روابط بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه ارقام گندم زمستانه تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

Relationship among traits and path analysis for grain yield of winter wheat cultivars under normal and drought stress conditions

اعظم زارع بیاتی^۱، منوچهر خدارحمی^{۲*} و خداداد مصطفوی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۹

چکیده

سودمندی هر برنامه اصلاحی با توجه به میزان ارتباط بین عملکرد دانه با عوامل مؤثر بر آن تعیین می‌شود. به همین منظور ۲۵ رقم گندم زمستانه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد کرج در دو شرایط آبیاری (آبیاری نرمال و قطع آبیاری بعد از مرحله سنبله دهی) کشت و مورد ارزیابی قرار گرفت. ۱۷ صفت زراعی اندازه‌گیری و بررسی شد. ضرایب همبستگی ساده صفات، نشان‌دهنده رابطه مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با صفات روز تا سنبله دهی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در شرایط عدم تنش و صفات مرتبط با رسیدگی، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و طول بیرون‌زدگی پداتکل در شرایط تنش خشکی بود. نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام نیز ارتباط بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را تأیید کرد. برای صفات واردشده در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام تجزیه علیت انجام شد و در هر دو شرایط نرمال و تنش بیشترین اثر مستقیم بر روی عملکرد دانه، متعلق به عملکرد بیولوژیک، بود.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، همبستگی، رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیه علیت.

۱- دانشجوی سابق دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه اصلاح نباتات، کرج، ایران.

۲- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران.

*- مکاتبه کننده E-mail: khodarahmi_m@yahoo.com

مقدمه

انتخاب در شرایط بدون تنش به دلیل بالا بودن وراثت پذیری عملکرد حداکثر است ولی تنش خشکی در مرحله گرده افشانی، وزن دانه، پروتئین و تعداد دانه در سنبله را کاهش می دهد و این پدیده نشان دهنده این است که گندم به تنش خشکی در مرحله بعد از گرده افشانی حساس است (Garuzzi, et al., 1997). هدف از این تحقیق، ارزیابی روابط بین صفات مؤثر بر عملکرد دانه، تعیین سهم نسبی آن ها و بررسی روابط علت و معلولی بین آن ها می باشد. طبق نظر بلوم و همکاران (Blum et al., 1983) و آنیچاریکو و پستی (Annicchiarico and Pecetti, 1995) همبستگی صفات مورد بررسی با عملکرد دانه از نظر کاربردی مهم ترین هدف هر برنامه اصلاحی است.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی کرج در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط آبیاری (نرمال و قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله) با ۲۵ رقم تجاری گندم نان مورد اجرا قرار گرفت. مزرعه در ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا قرار داشته و در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی واقع شده است (دهقان و همکاران، ۱۳۸۶). ارقام مورد مطالعه شامل ۲۵ رقم گندم نان متعلق به مناطق زمستانه بودند (جدول ۱) که به منظور بررسی ارتباط عملکرد دانه با سایر عوامل مؤثر بر آن و اهمیت نسبی هر یک از آن ها از نظر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و صفات مرتبط با عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش، در دو قطعه زمین مستقل به فاصله ۵ متر از یکدیگر اجرا شد و هر ژنوتیپ بر روی دو پشته که هر پشته شامل ۲ خط به طول ۲ متر با فاصله خطوط ۲۰ سانتی متر بودند، کشت شد. اولین آبیاری بعد از کاشت انجام شد. آبیاری های بعدی نیز با توجه به میزان بارندگی و شرایط جوی و نیاز گیاه صورت گرفت. لازم به ذکر است، به منظور بررسی اثر تنش خشکی آخر فصل بر روی صفات مربوطه در مرحله ی بعد از ظهور سنبله، آبیاری در آزمایش تحت تنش قطع شد. در این تحقیق صفات تعداد روز تا سنبله دهی، گرده افشانی، رسیدگی فیزیولوژیک، رسیدگی کامل، تعداد دانه در سنبله، طول پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه،

تنش خشکی مهم ترین عامل محدود کننده محصولات در سیستم های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود (Debaeke and Abdellah, 2004). از نظر فراوانی حدوث تنش خشکی، مناطق خشک و نیمه خشک در اولویت قرار می گیرند. مناطقی با بارندگی سالیانه به میزان ۲۵۰ تا ۴۵۰ میلی متر نیمه خشک محسوب می شوند (آذری، ۱۳۸۱). قرار گرفتن بخش های زیادی از ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان از یکسو و داشتن نقش تعیین کننده ای که نزولات جوی در تأمین آب کشور بر عهده دارند (محمدی، ۱۳۹۰)، از سوی دیگر باعث شده تا گیاهان متحمل به تنش خشکی تولید شوند. گندم یکی از مهم ترین گیاهان استراتژیک جهان می باشد و بیش از ۵۵ درصد کالری و ۴۵ درصد پروتئین مورد نیاز جمعیت را تشکیل می دهد که در طول سال های اخیر پیشرفت های قابل ملاحظه ای را در همه زمینه ها داشته است (Tajbakhsh and Poor-Mirza, 2004). عملکرد دانه یک صفت کمی است که توسط تعداد زیادی از ژن ها کنترل می شود و وراثت پذیری این صفت به دلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بسیار پائین می باشد، بنابراین ممکن است انتخاب بخصوص در نسل های اولیه بر اساس عملکرد دانه چندان مؤثر نباشد (Richards, 1996)، لذا تجزیه ضرایب همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد دانه اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن ها را به عنوان ملاک انتخاب جهت عملکرد دانه مشخص می کند. از سوی دیگر تجزیه رگرسیون گام به گام با حذف صفات غیر مؤثر یا کم اثر در مدل رگرسیونی بر روی صفت عملکرد دانه، تنها صفاتی را که میزان قابل توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه می کنند، انتخاب می کند. همچنین تجزیه علیت که در واقع روش رگرسیون جزء برای تفکیک واکنش های همبسته با عملکرد دانه به اثرات مستقیم و غیرمستقیم است، اطلاعات سودمندی را برای دستیابی به سطوح بالای عملکرد گندم در مطالعات بعدی فراهم می آورد (چالیش و هوشمند، ۱۳۹۰). طبق نظر فیشر معیار مقاومت به خشکی، وضعیت عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی است (Ficher and Mourer, 1987). و انتخاب بر اساس عملکرد ژنوتیپ ها در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش انتخاب ژنوتیپ های با عملکرد بالا را موجب می شود.

بررسی روابط بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه ارقام گندم زمستانه تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

عملکرد دانه و صفات مرتبط با ارتفاع اندازه گیری شد. از تجزیه همبستگی صفات جهت شناخت روابط بین آن‌ها و استفاده مؤثر در برنامه‌های اصلاحی استفاده شد. به منظور تعیین سهم اثر تجمعی صفات در تعیین عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و عدم وجود تنش از روش تجزیه رگرسیون گام به گام استفاده شد. پس از تعیین این صفات، برای بررسی روابط علی و نحوه تأثیر صفات بر روی عملکرد بوته از روش تجزیه علیت استفاده گردید. محاسبه‌های آماری مورد نظر توسط نرم‌افزارهای SAS، PATH و Excel، انجام گرفت.

جدول ۱- نام و شماره ارقام مورد مطالعه

شماره ارقام	نام ارقام	شماره ارقام	نام ارقام
1	گاسپارد	14	سیلان
2	گاسکوژن	15	آذر ۲
3	میهن	16	کاوه
4	زارع	17	کرج ۳
5	اروم	18	کرج ۲
6	شهریار	19	بزوستایا
7	توس	20	اینیا
8	زرین	21	کراس شاهی
9	مهدوی	22	روشن
10	الموت	23	امید
11	الوند	24	شاهپسند
12	MV17	25	سرداری
13	نوید		

نتایج و بحث

همبستگی فنوتیپی برای صفات اندازه گیری شده با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون صورت گرفت. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در شرایط بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و شاخص برداشت (۰/۸۲) دارای بیشترین میزان همبستگی بود که نشان می‌دهد هرچه شاخص برداشت افزایش یابد عملکرد دانه نیز افزایش خواهد یافت و این نتیجه کاملاً طبیعی است زیرا شاخص برداشت از عملکرد دانه به دست می‌آید. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک با نتایج بسیاری از محققین از جمله حسین پور و همکاران مطابقت دارد (حسین پور، ۱۳۸۲) که این می‌تواند به دلیل اثرات مثبت سایر صفات بر عملکرد بیولوژیک باشد.

صفات روز تا سنبله‌دهی، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش داشتند. با توجه به این که

گیاه دوران رشد و نمو خود را سریع‌تر انجام می‌دهد تا به دوران بحران کم‌آبی گرفتار نیاید این نتیجه کاملاً منطقی و قابل‌انتظار است. از سوی دیگر هر چه تعداد روز تا سنبله دهی، گرده‌افشانی، رسیدگی فیزیولوژیک و رسیدگی کامل افزایش یابد عملکرد دانه کاهش می‌یابد. دستفاله و همکاران (۱۳۹۰) و قادری و همکاران (۱۳۸۸) نیز همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه و تعداد روز تا سنبله دهی و رسیدگی را گزارش کرده‌اند که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌هایی که زودتر وارد مرحله سنبله دهی و به دنبال آن رسیدگی می‌شوند، یا به اصطلاح زودرس‌تر هستند عملکرد بهتری دارند. این برتری زمانی چشم‌گیرتر است که تنش خشکی پس از سنبله دهی اتفاق افتد. بنابراین زودرسی در برنامه‌های به نژادی برای تحمل به خشکی بسیار با اهمیت می‌باشد. سایر ضرایب همبستگی بین صفات و اجزاء در جدول ۲ آمده است. همچنین در شرایط تنش خشکی بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه به ترتیب متعلق به شاخص برداشت (۰/۷۳)، طول بیرون آمدگی پدانکل (۰/۶۵) و عملکرد بیولوژیک (۰/۶۰) می‌باشد (جدول ۳). این نتایج با برخی از نتایج کوچکی و همکاران (۱۳۸۵) و نیکخواه (۱۳۸۷) مطابقت دارد. در این آزمایش بین عملکرد و اجزای آن همبستگی مشاهده نشد، با توجه به گزارش‌های محققین دیگر مشخص می‌شود که تعیین نقش اجزای عملکرد دانه در عملکرد، احتمالاً به ژنوتیپ‌های مورد بررسی و شرایط محیطی بستگی دارد و گاهی اوقات ممکن است همبستگی بین عملکرد و اجزای آن وجود نداشته باشد (ناروئی راد و همکاران، ۱۳۸۵). جهت حذف صفات غیر مؤثر یا کم اثر در مدل رگرسیونی بر روی صفت عملکرد دانه از رگرسیون گام به گام استفاده شد. برای این منظور تجزیه رگرسیون به روش stepwise به صورتی که صفت عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و باقی صفات به‌عنوان صفات مستقل بودند، انجام گردید. بر اساس این مطالعه در شرایط نرمال (جدول ۴) به ترتیب صفات ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و طول پدانکل وارد مدل شدند که در نهایت صفات وارد شده به مدل ۸۱/۷۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

مجله علمی - پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات تحت شرایط آبیاری نرمال

Table 2. Phenotypic correlation coefficients among traits under normal irrigation conditions

17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
																	۱- تعداد روز تا سنبله دهی
																	Heading Date
																0.94**	۲- تعداد روز تا گرده افشانی
																	Anthesis Date
															0.83**	0.77**	۳- روز تا رسیدگی فیزیولوژیک
																	Physiological Maturity
														0.15	-0.42°	-0.42°	۴- طول پر شدن دانه
																	Grain Filling Period
																	۵- سرعت پر شدن دانه
																	Grain Filling Rate
																	۶- تعداد روز تا رسیدگی کامل
																	Number of Maturity
																	۷- تعداد دانه در سنبله
																	Number of Grain in Spike
																	۸- وزن هزار دانه
																	Thousand Kernel Weight
																	۹- عملکرد بیولوژیک
																	Biological Yield
																	۱۰- شاخص برداشت
																	Harvest Index
																	۱۱- تعداد سنبله در مترمربع
																	Number of Spike in per m ²
																	۱۲- طول سنبله
																	Spike Length
																	۱۳- طول بیرون آمدگی پدانکل
																	Peduncle Extrusion Length
																	۱۴- طول پدانکل
																	Peduncle Length
																	۱۵- طول میانگره دوم
																	Penultimate Length
																	۱۶- ارتفاع گیاه
																	Plant Height
																	۱۷- عملکرد دانه
																	Grain Yield

*, **, significant at 1 & 5% probability level, ns: Non-significant

* و ** معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. n.s: عدم معنی داری

بررسی روابط بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه ارقام گندم زمستانه تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات تحت شرایط تنش خشکی

Table 3. Phenotypic correlation coefficients among traits under drought stress conditions

17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
																	۱- تعداد روز تا سنبله دهی
																	Heading Date
																0.90**	۲- تعداد روز تا گرده‌افشانی
																	Anthesis Date
															0.72**	0.75**	۳- روز تا رسیدگی فیزیولوژیک
																	Physiological Maturity
														0.30	-0.45°	-0.27	۴- طول پر شدن دانه
																	Grain Filling Period
													0.46°	-0.002	-0.34	-0.13	۵- سرعت پر شدن دانه
																	Grain Filling Rate
												-0.11	0.21	0.93**	0.72**	0.76**	۶- تعداد روز تا رسیدگی کامل
																	Number of Maturity
											0.19	-0.21	0.59**	0.24	-0.21	0.18	۷- تعداد دانه در سنبله
																	of Grain in Spike
										-0.54**	-0.25	0.89**	0.005	-0.18	-0.17	-0.03	۸- وزن هزار دانه
																	Thousand Kernel Weight
									0.08	-0.25	-0.37	-0.11	-0.40°	-0.42°	-0.10	-0.24	۹- عملکرد بیولوژیک
																	Biological Yield
								-0.08	0.19	0.44°	-0.41°	0.36	0.42°	-0.40°	-0.68**	-0.59**	۱۰- شاخص برداشت
																	Harvest Index
							-0.28	0.37	0.13	-0.58**	0.06	-0.20	-0.69**	-0.07	0.43°	0.34	۱۱- تعداد سنبله در مترمربع
																	Number of Spike in per m ²
						0.22	-0.18	0.12	-0.25	-0.03	-0.06	-0.31	-0.18	-0.15	-0.01	-0.12	۱۲- طول سنبله
																	Spike Length
					0.16	-0.04	0.45°	0.48°	0.07	0.06	-0.67**	0.03	-0.02	-0.70**	-0.64**	-0.72**	۱۳- طول بیرون آمدگی پدانکل
																	Peduncle Extrusion Length
				0.83**	0.31	0.34	0.10	0.67**	0.08	-0.25	-0.54**	-0.13	-0.42°	-0.63**	-0.29	-0.44°	۱۴- طول پدانکل
																	Peduncle Length
			0.81**	0.53**	0.23	0.41°	-0.20	0.55**	0.25	-0.51**	-0.38	-0.03	-0.53**	-0.45°	-0.04	-0.17	۱۵- طول میانگره دوم
																	Penultimate Length
		0.74**	0.67**	0.28	0.43°	0.60**	-0.51**	0.65**	-0.03	-0.56**	-0.23	-0.36	-0.72**	-0.33	0.21	0.05	۱۶- ارتفاع گیاه
																	Plant Height
-0.05	0.14	0.44°	0.65**	-0.09	-0.05	0.73**	0.60**	0.17	0.26	-0.53**	0.24	0.16	-0.55**	-0.63**	-0.64**		۱۷- عملکرد دانه
																	Grain Yield

*, ** significant at 1 & 5% probability level, ns: Non-significant

* و ** معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. n.s: عدم معنی داری

مدل نهایی رگرسیون در شرایط آبیاری نرمال عبارت است از:

$$Y = 1.123 - 0.049X_1 + 0.393X_2 + 0.084X_3$$

X_1 = ارتفاع کل

X_2 = عملکرد بیولوژیک

X_3 = طول پدانکل

همچنین در شرایط تنش خشکی (جدول ۵) به ترتیب صفات طول بیرون آمدگی پدانکل، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک وارد مدل شدند که ۸۳/۳۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

مدل نهایی رگرسیون در شرایط تنش خشکی عبارت است از:

$$Y = 1.344 + 0.057X_1 - 0.029X_2 + 0.328X_3$$

X_1 = طول بیرون آمدگی پدانکل

X_2 = ارتفاع کل

X_3 = عملکرد بیولوژیک

زارعی و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه بر روی ۸۱ ژنوتیپ گندم بومی ایران به همراه چهار شاهد گزارش کردند که صفات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و محتوای کلروفیل در مرحله گرده افشانی به ترتیب وارد مدل شدند. امینی و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیق بر روی گندم‌های بومی، گزارش نمودند که دو صفت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت صفاتی هستند که در تجزیه رگرسیونی گام به گام وارد مدل شده و درصد بالایی از عملکرد را توجیه می‌کنند. گل پرور و همکاران (۱۳۸۶) با انجام تجزیه رگرسیون بر روی ۳۲۰ ژنوتیپ گندم نان به همراه ۲ شاهد، عنوان کردند که در شرایط نرمال سه صفت و در شرایط تنش پنج صفت وارد مدل شدند که به ترتیب ۹۶/۵ و ۹۷/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه گیاه را توجیه نمودند. ملکی و همکاران (۱۳۸۸)، نیز با انجام رگرسیون چندگانه به روش گام به گام به این نتیجه رسیدند که صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و در نهایت وزن هزار دانه بیشترین همبستگی و تأثیر را با عملکرد دانه داشته و در مجموع این صفات تحت شرایط تنش و عدم وجود تنش به ترتیب ۹۳ و ۹۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. جهت بررسی روابط علت و معلولی سایر صفات با عملکرد دانه، صفات بی‌تأثیر یا کم‌تأثیر از مدل حذف شده و تجزیه علیت برای عملکرد دانه گیاه و بر طبق صفاتی که وارد مدل رگرسیونی شده بودند، انجام پذیرفت

(شکل ۱). بر اساس جدول ۶ مشاهده می‌شود که در شرایط نرمال عملکرد بیولوژیک بیشترین اثر مستقیم و مثبت ($p = 0.724$) را بر عملکرد دانه دارد. یعنی در صورت ثابت بودن سایر متغیرها، با افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه افزایش می‌یابد. اثر غیرمستقیم عملکرد بیولوژیک از طریق صفت طول پدانکل بر روی عملکرد دانه مثبت و کم می‌باشد اما اثر غیرمستقیم عملکرد بیولوژیک از طریق صفت ارتفاع بوته منفی و کم می‌باشد. در نهایت جمع اثرات عملکرد بیولوژیک بر روی عملکرد دانه ۰/۵۵۹ می‌باشد، در نتیجه می‌توان این صفت را به‌عنوان یک صفت مؤثر جهت انتخاب برای افزایش عملکرد مورد توجه قرارداد. اثر مستقیم صفت طول پدانکل با عملکرد دانه ($p = 0.525$) مثبت می‌باشد، ولی اثر غیرمستقیم این صفت از طریق ارتفاع بوته بر روی عملکرد منفی و از طریق صفت عملکرد بیولوژیک مثبت می‌باشد. در نهایت اثرات کل طول پدانکل بر روی عملکرد

منفی اما جزئی می‌باشد. اثر مستقیم صفت ارتفاع بوته با عملکرد دانه ($p = -1.055$) منفی می‌باشد ولی اثر غیرمستقیم آن از طریق عملکرد بیولوژیک و طول پدانکل بر عملکرد مثبت می‌باشد. در نهایت جمع اثرات ارتفاع بوته بر روی عملکرد منفی می‌باشد. همچنین در آزمایش تنش خشکی (شکل ۲) مشاهده شد که صفت عملکرد بیولوژیک در شرایط خشکی بزرگ‌ترین اثر مستقیم مثبت ($p = 0.852$) را، بر روی عملکرد دانه دارد و نشان می‌دهد که در صورت ثابت بودن سایر متغیرها با افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. همین‌طور اثر مثبت عملکرد بیولوژیک از طریق طول بیرون آمدگی پدانکل و اثر غیرمستقیم منفی آن از طریق ارتفاع بوته بر روی عملکرد اعمال می‌شود. دومین اثر مستقیم و مثبت بر روی عملکرد از طریق طول بیرون آمدگی پدانکل ($p = 0.445$) اعمال می‌شود و اثر غیرمستقیم آن از طریق عملکرد بیولوژیک مثبت ولی از طریق ارتفاع بوته منفی می‌باشد. همان‌طور که در شرایط نرمال نیز مشاهده شد اثر مستقیم ارتفاع بوته ($p = 0.729$) بر عملکرد دانه منفی، اما اثر غیرمستقیم آن از طریق عملکرد بیولوژیک و طول بیرون آمدگی پدانکل مثبت می‌باشد (جدول ۷). فروزانفر و همکاران (۱۳۹۰) با انجام تجزیه علیت مشخص نمودند که در محیط بدون تنش صفات وزن سنبله اصلی، ارتفاع بوته، تعداد

بررسی روابط بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه ارقام گندم زمستانه تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی در هر دو شرایط تنش و عدم وجود تنش نوع بین ارقام مشاهده شد که می‌تواند برای گزینش ارقام و ژنوتیپ‌های مطلوب و پیشبرد فرآیندهای اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با توجه به وجود همبستگی معنی-دار بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از یک‌سو، نتایج رگرسیون و وارد شدن عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته در هر دو شرایط آزمایش و همچنین دارا بودن بیشترین اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک بر عملکرد دانه می‌توان نتیجه گرفت که این صفت دارای بیشترین اثر مثبت بر روی عملکرد دانه بوده و با افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد.

سنبله بارور، وزن هزار دانه و تعداد پنجه اهمیت بیشتری دارند ولی در محیط دارای تنش، صفات تعداد سنبله بارور و وزن هزار دانه از اهمیت بیشتری برخوردارند. گل‌پرور و همکاران (۱۳۸۶) و حکیمی پور و همکاران (۱۳۸۹) نیز در تجزیه علیت صفات وارد شده به مدل رگرسیونی بر روی عملکرد، رابطه مستقیم مثبت و بالایی بین صفت عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مشاهده نمودند. محمدی اقدم و همکاران (۱۳۹۰) با انجام تجزیه علیت گزارش نمودند، صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع با اثر مستقیم مثبت بر روی عملکرد دانه، حدود ۹۳/۲ درصد تغییرات این صفت را تبیین کردند.

جدول ۴- تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه (متغیر وابسته) با سایر صفات (متغیرهای مستقل) در شرایط آبیاری نرمال

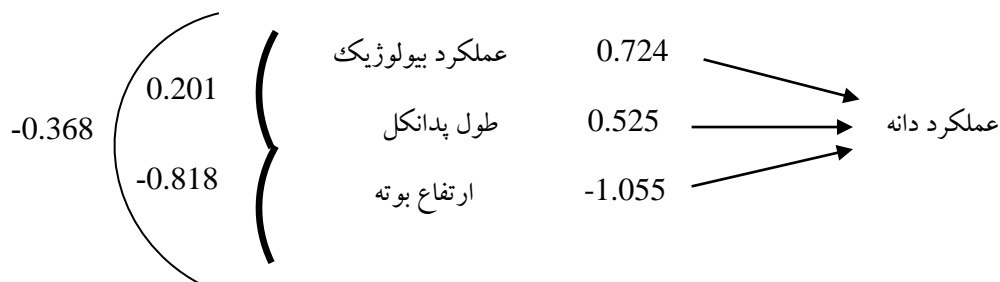
Table 4. Step-wise regression analysis of grain yield (dependent variable) with the other traits (independent variables) in normal irrigation conditions

صفات وارد شده در مدل Traits input To the model	ضریب رگرسیون Regression Coefficient	خطای استاندارد	ضریب تبیین R ²	F	Pr
ارتفاع گیاه X ₁ = Plant Height	-0.049	0.055	0.397	30.04	0.0037
عملکرد بیولوژیک X ₂ = Biological Yield	0.393	0.007	0.709	10.42	<0.0001
طول پدانکل X ₃ = Peduncle length	0.084	0.024	0.818	12.53	0.0019

جدول ۵- تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه (متغیر وابسته) با سایر صفات (متغیرهای مستقل) در شرایط تنش خشکی

Table 5. Step-wise regression analysis of grain yield (dependent variable) with the other traits (independent variables) in drought stress conditions

صفات وارد شده در مدل Traits input To the model	ضریب رگرسیون Regression Coefficient	خطای استاندارد	ضریب تبیین R ²	F	Pr
طول بیرون آمدگی پدانکل X ₁ = Peduncle Extrusion length	0.057	0.013	0.423	16.86	0.0004
ارتفاع گیاه X ₂ = Plant Height	-0.029	0.004	0.729	38.70	<0.0001
عملکرد بیولوژیک X ₃ = Biological Yield	0.328	0.049	0.834	4.84	0.0386



شکل (۱) دیاگرام ضرایب علیت در شرایط آبیاری نرمال

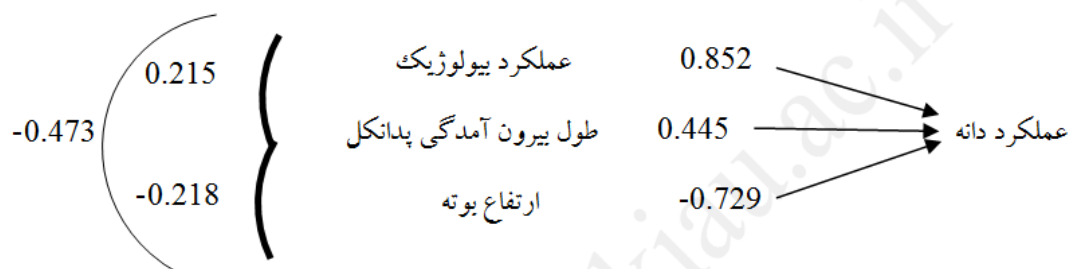
جدول ۶- تجزیه ضرایب همبستگی صفات به اثرات مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد دانه (تجزیه علیت) در شرایط آبیاری نرمال

Table 6. Correlation coefficients analysis to direct and indirect effects for grain yield (PATH analysis) in normal irrigation conditions

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثرات غیرمستقیم Indirect effect			ضرایب همبستگی با عملکرد دانه Correlation Coefficients with Gran Yield	جمع اثرات Sum of effects
		X3	X2	X1		
عملکرد بیولوژیک X ₁ = Biological Yield	0.724	-0.368	0.201	-	0.558**	0.559
طول پدانکل X ₂ = Peduncle Length	0.525	-0.818	-	0.277	-0.014	-0.015
ارتفاع بوته X ₃ = Plant Height	-1.055	-	0.407	0.252	-0.395	-0.396

** significant at 1% probability level

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد



جدول ۷- تجزیه ضرایب همبستگی صفات به اثرات مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد دانه (تجزیه علیت) در شرایط تنش خشکی

Table 7. Correlation coefficients analysis to direct and indirect effects for grain yield (PATH analysis) in drought stress conditions

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثرات غیرمستقیم Indirect effect			ضرایب همبستگی با عملکرد دانه Correlation Coefficients with Gran Yield	جمع اثرات Sum of effects
		X3	X2	X1		
عملکرد بیولوژیک X ₁ = Biological Yield	0.852	-0.473	0.215	-	0.596**	0.596
طول بیرون آمدگی پدانکل X ₂ = Peduncle Extrusion Length	0.445	-0.208	-	0.411	0.650**	0.649
ارتفاع بوته X ₃ = Plant Height	-0.729	-	0.127	0.552	-0.049	-0.049

** Significant at 1% probability level

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

بررسی روابط بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه ارقام گندم زمستانه تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

فهرست منابع

References

- آذری، ک. م. ۱۳۸۱. اثر خشکی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم ذرت در مغان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. شماره ۳۰۷.
- چالیش، ل. و س. ا. هوشمند. ۱۳۹۰. برآورد وراثت پذیری و ارتباط بین برخی صفات گندم دوروم با استفاده از لاین های خالص نو ترکیب. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد ۴. شماره ۲. ص: ۲۲۳-۲۳۸.
- حسین پور، ت. ا. سیادت، و م. بهاری. ۱۳۸۲. تجزیه علیت ویژگی های زراعی برای عملکرد دانه و گندم تحت شرایط خشکی، مجله علمی کشاورزی، ۱۱۸-۱۱۹، ۲۶-۱، ۱۰۵.
- حکیمی پور، ا. خ. مصطفوی، و ع. نبی پور. ۱۳۸۹. بررسی برخی صفات زراعی و مورفولوژیک گندم نان با استفاده از روش های آماری چند متغیره، پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.
- دستفال، م. و. براتی، ی. امام، ح. حقیقت نیا و م. رمضان پور. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به زراعی نهال و بذر، جلد ۲-۲۷. شماره ۲. ص ۱۹۵-۲۱۷.
- زارعی، س. ا. امینی، س. محفوظی و م. ر. بی همتا. ۱۳۹۰. مطالعه تنوع ژنتیکی صفات زراعی و مورفوفیزیولوژیک گندم های بومی ایران در شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۴. شماره ۴. ص: ۱۲۳-۱۳۸.
- فروزانفر، م. م. ر. بی همتا، س. ع. پیغمبری، و ح. زینالی. ۱۳۹۰. ارزیابی ارقام گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش خشکی از نظر صفات زراعی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۱. شماره ۳.
- قادری، م. ق. ح. زینالی خانقاه، ع. ه. حسین زاده، ع. ر. طالعی، و م. ر. نقوی. ۱۳۸۸. ارزیابی روابط عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر خصوصیات مرتبط با عملکرد دانه در گندم نان با استفاده از تجزیه و تحلیل چند متغیره. مجله پژوهش های زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۲. ص ۵۷۳-۵۸۲.
- کوچکی، ا. ر. ا. یزدان سپاس و ح. ر. نیکخواه. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی آخر فصل روی عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ های گندم.
- گل پرور، ا. ر. ح. مدنی، و م. رسولی. ۱۳۸۶. ارتباط بین عملکرد و اجزای آن در ژنوتیپ های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی. مجله یافته های نوین کشاورزی. سال دوم. شماره ۲. ص: ۱۵۱-۱۵۹.
- محمدی اقدم، م. ع. ص. نصراله زاده، و س. ا. ق. محمدی. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در جمعیت لاین های اینبرد نو ترکیب گندم نان حاصل از تلاقی ارقام زاگرس و نورستار. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۱. شماره ۴. ص: ۲۹-۳۹.
- محمدی، ب. ۱۳۹۰. تحلیل روند بارش سالانه ایران. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی. سال ۲۲. شماره پیاپی ۴۳. شماره ۳. ص: ۱۰۶-۹۵.
- ملکی، ع. ف. بابائی، و پ. سیدان. ۱۳۸۸. تعیین صفات مؤثر بر افزایش عملکرد در پنج رقم گندم نان تحت شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش در علوم زراعی. سال دوم. شماره ۵.

نارویی راد، م. ح.، م. فرزانبجو، ح. ر. فنایی، ع. ر. ارجمندی نژاد، ا. قاسمی و م. ر. پل شکن پهلوان. ۱۳۸۵. بررسی تنوع ژنتیکی و تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورفولوژیک توده‌های بومی گندم سیستان و بلوچستان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۳. ص: ۵۷-۵۰.

نیکخواه، ح. ر. ۱۳۷۸. ارزیابی و مطالعه توارث پذیری مقاومت به خشکی در گندم نان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

Amini, A., M. Esmailzade-Moghadam., and M. Vahabzadeh. 2005. Genetic diversity based on agronomic performance among Iranian wheat landraces under moisture stress. The 7th International Wheat Conference. Nov. 27, Dec 2, 2005. Mardel Plata. Argentina.

Annicchiarico, P., and L. Peccetti. 1995. Morpho-physiological traits to complement grain yield selection under semi-arid Mediterranean conditions in each of the durum wheat type's Mediterranean typicum and syriacum, Euphytica. 86: 191-198.

Blum, A., J. Mayer., and G. Gozlan. 1983. Association between plant production and some physiological components of drought resistance in wheat. Plant Cell and Environ, 6: 219-225. Bray, E. A. 1997, Plant response to water deficit trends. Plant Sci. 2: 48-54.

Deabeaek, P., and Abdellah, A. 2004. Adaptation of crop management to water limited environments. European Journal of Agronomy 21: 433-446.

Ficher, R. A., and R. Mourer. 1987. Drought resistance in spring wheat cultivars III, yield yield responses. Australian J. of Agri. Research. 29: 897-912.

Garuzzi, P. R., Dalumbo, M., Gampani le, R. G., Ricciarid, G. L., and Borgh. 1997. Evaluation of field and laboratory predictor of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. J. Sci. 77: 523-531.

Ricards, R. A. 1996. Defining selection criteria improve yield under deought. Plant Growth Regulation. 20: 157-166.

Relationship among traits and path analysis for grain yield of winter wheat cultivars under normal and drought stress conditions

A.Zarebayati¹, M. Khodarahmi^{2*}, K. Mostafavi³

Received date: 30 June 2017

Accepted date: 11 Sep 2017

Abstract

The usefulness of any corrective program is determined by the relationship between the grain yield and the factors affecting it. For this purpose, 25 winter wheat cultivars were planted and evaluated in a randomized complete block design with three replications in a field experiment at the Faculty of Agriculture, Karaj Azad University, Karaj, Iran under two irrigation conditions (normal irrigation and irrigation after the spike stage). 17 traits were measured and evaluated. Simple correlation coefficients of traits indicated a positive and significant correlation between grain yield and days to flowering, biological yield and harvest index in normal conditions, and traits related to rooting, biological yield, harvest index and peduncle outflow length in drought stress conditions. The results of stepwise regression confirmed the relation between grain yield and biological yield. Path analysis was performed for the traits introduced in the stepwise regression model and in both normal and stress conditions the most direct effect on grain yield had belonged to biological yield.

Keywords: Bread Wheat, Correlation, Stepwise Regression, Path Analysis.

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Young Researchers and Elite Club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

2- Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

*- Corresponding author: khodarahmi_m@yahoo.com